

## КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ ВИДА ОТКЛОНЕНИЯ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ ОТ НОРМАЛЬНОГО РЕЖИМА

Н.А. Спирин, А.С. Истомин, О.П. Онорин, В.В. Носков, В.Ф. Ярчук

*ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»  
(г. Екатеринбург, Россия)*

*Представлены этапы разработки информационно-логической системы, позволяющей распознать вид отклонения доменной плавки от нормального режима. Отражены функциональные возможности программного обеспечения.*

**Ключевые слова:** доменное производство, информационно-логическая система, разработка программного обеспечения, диагностика хода доменной плавки.

*Presents the development of information-logical system that allows recognition of a kind of deviation blast furnace from normal mode. Reflected the functionality of the software.*

**Keywords:** blast-furnace production, information-logical system, software development, diagnostics progress blast-furnace production.

Современный процесс выплавки чугуна в доменной печи подвержен влиянию многих переменных контролируемых и неконтролируемых факторов, которые вызывают нарушения хода печи и ее теплового состояния и требуют высокой квалификации технологического персонала при управлении доменной плавкой.

Одним из способов диагностики и управления ходом доменной печи в настоящее время является использование экспертных систем, включающих в себя как детерминированные знания о процессе, так и формализованный практический опыт специалистов-доменщиков. В общем случае такие системы должны иметь навыки суждений о ходе доменной плавки по различным признакам, правильно анализировать их и помогать производственному персоналу своевременно предупреждать возможные отклонения от нормального режима, применяя различные технологические приемы воздействия на ход доменной плавки. Для этих целей существует множество математических моделей, но в большинстве случаев их основной проблемой является недостоверность значений входящих в них параметров. До сих пор актуальными остаются вопросы создания информационно-логической системы распознавания вида отклонения доменной плавки от нормального режима. Логические основы распознавания вида отклонения от нормального режима доменной плавки изложены в работах [1–14].

Для анализа данных, необходимых для выявления расстройства хода печи, необходимо в комплексе рассмотреть показатели плавки и работу печи в целом. Делая вывод на основе данных о химическом составе газа, качестве материалов, тепловом состоянии печи и другими сведениями об условиях плавки, необходимо выявить основные факторы и увязать их с изменениями технологических параметров.

Целью контроля над ходом доменной печи является своевременное принятие мер для установления причин расстройства печи и восстановления нормального хода в максимально короткие сроки. Поэтому главной задачей является предупреждение нарушений и наиболее быстрое восстановление нормальной работы печи в случае их возникновения.

Разработанный программный продукт проводит анализ работы печи по таким параметрам как температура периферийных газов, температура газов по газоотводам печи, параметры дутья, колошникового газа и перепады давления, а также распределение температур по диаметру колошника и состав продуктов доменной плавки. На основе значений этих параметров проводится расчет, результатом которого является вывод о состоянии хода печи и в случае отклонения – о возможной причине нарушения хода.

Программа предназначена для оперативного предоставления производственному персоналу полного объема информации о ходе процесса плавки. Ее использование позволит упростить управление технологическим процессом, повысить эффективность производства, уменьшить вероятность простоев оборудования и аварий.

Первым этапом в разработке программного продукта было создание функциональной модели. Ее разработка была выполнена в программе AllFusion Process Modeler (BPwin) по стандарту IDEF0 (Integrated computer aided manufacturing DEfinition) [15]. Использование методики IDEF0 позволило создать функциональную структуру программного комплекса, выявить производимые им действия и связи между этими действиями, управляющие воздействия и механизмы выполнения каждой функции, что в конечном счете позволило на ранней стадии проектирования предотвратить возможные ошибки.

Общее количество декомпозированных блоков функциональной модели составляет 90. Фрагмент диаграммы 1-го уровня функциональной модели подсистемы прогнозирования возникновения отклонений в ходе доменной плавки, представленный на рис. 1, включает следующие функции:

- «Осуществить сбор и первичную обработки данных» (A1) обеспечивает автоматическое наполнение системы данными из АСУ ТП и корпоративной информационной системы (КИС). Сбор первичных данных производится в строго регламентированные моменты времени, которое установлено согласно требованиям инженерно-технологического персонала доменного цеха. Выходная информация служит источником для всех других подсистем;

- «Выявление признаков нормальной работы доменной печи» (A2) обеспечивает пересчет и анализ признаков отклонения параметров: отклонение расхода дутья; отклонение давления дутья; отклонение температуры дутья; отклонение общего перепада давления; отклонение нижнего перепада давления; отклонение верхнего перепада давления; окружная неравномерность температуры газа; распределение температуры колошниково-го газа; отклонение усредненной температуры колошниково-го газа; отклонение содержания Si в чугуна; отклонение содержания CO<sub>2</sub> колошниково-го газа; отклонение температуры чугуна; отклонение основности шлака.



- «*Определить признаки отклонения от нормального режима доменной плавки*» (A3) обеспечивает пересчет и анализ таких отклонений как периферийный газовый поток; центральный газовый поток; горячий ход плавки; холодный ход плавки; тугой ход плавки; верхние подвисяние шихты; нижние подвисяние шихты; количество срабатываемых подач.

- «*Формирование рекомендаций по технологиям ведения доменной плавки*» (A4) на основании выявленных отклонений, происходит формирование рекомендации по корректировке ведения плавки.

Результаты функционального моделирования позволили в дальнейшем перейти к следующим этапам разработки системы – созданию архитектуры и реализации программного обеспечения системы.

На рис. 2 продемонстрирована архитектура программного обеспечения информационной системы, в которой выделены основные компоненты ее программной реализации.

Архитектуру программного продукта условно можно разделить на несколько частей, первая представляет собой математическую библиотеку на основе проведенных и формализованных расчетов. Используя предварительно обработанный набор данных, расчетный модуль выполняет начальную стадию вычислений, суть которой заключается в том, чтобы проанализировать максимум возможных параметров, влияющих на возможность того или иного нарушения процесса плавки, а затем выполняет финальный расчет, на основании которого можно будет сделать вывод о наметившейся тенденции к определенному типу отклонения хода плавки. Вторая часть – это модуль, ответственный за работу с базой данных; он решает такие задачи

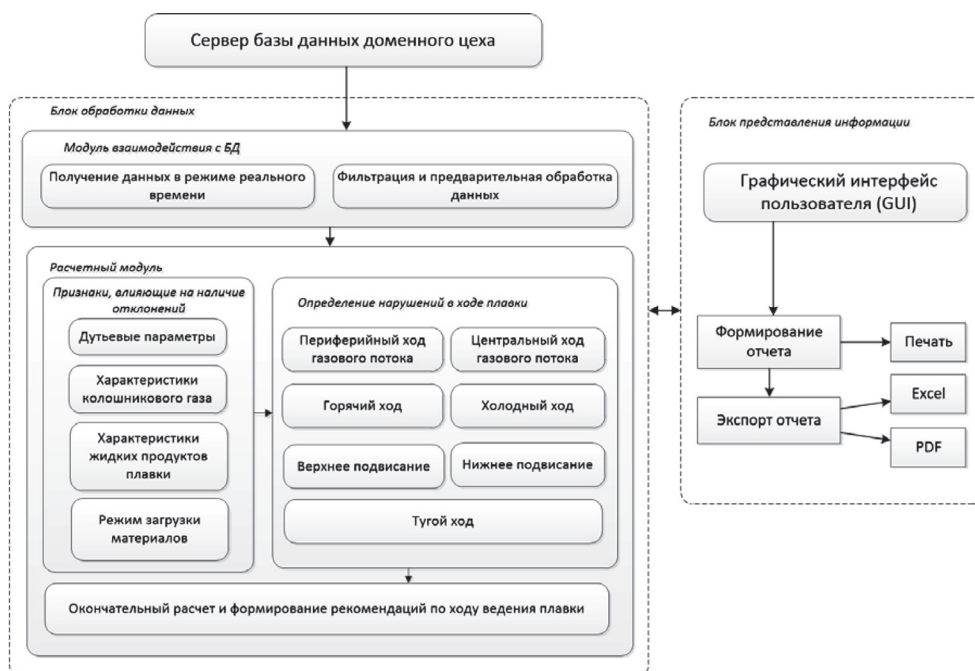


Рис. 2. Архитектура программного обеспечения

как обеспечение приложения данными в режиме реального времени, фильтрацию данных, их усреднение и предоставление в том виде, в котором их можно было бы использовать в алгоритме. Другая часть представляет собой пользовательский интерфейс, который включает в себе основные функции для слежения за состоянием хода доменной печи. На текущий момент эта часть реализована в виде настольного приложения, однако благодаря такому архитектурному подходу в любой момент презентационная логика может быть легко реализована, например, в виде web-приложения или службы, уведомляющей о состоянии печи посредством мобильных устройств.

Программное обеспечение «Распознавание вида отклонений доменной плавки» разработано в соответствии с современными принципами построения прикладных программ (функциональность, расширяемость, интеграция с базами данных, интуитивно-понятный пользовательский интерфейс, безопасность, оценивание информации). Программный модуль является частью системы оптимизации технологического процесса доменной плавки, входит в состав автоматизированной информационной системы анализа и прогнозирования производственных ситуаций доменного цеха ОАО «ММК» и предназначен для инженерно-технологического персонала.

В основе программной реализации лежит технология .NET, что дает дополнительную свободу при выборе платформы, а также языка программирования. Программный продукт написан на языке C# с использованием среды разработки Microsoft Visual Studio 2012 [16].

Программный продукт производит следующие действия. Сначала программа загружает из базы данных значения параметров, используемых в расчете, в частности температуру газов по газоотводам печи, температуру периферийных газов, параметры дутья, параметры колошниковых газа и перепады давления, распределение температур по диаметру колошника, состав жидких продуктов доменной плавки. Далее используется созданная математическая библиотека, с помощью которой пересчитываются и анализируются значения признаков и весовых функций.

Для удобства использования рассматриваемые признаки объединены в следующие группы:

- признаки, характеризующие дутьевые параметры;
- колошниковый газ;
- жидкие продукты плавки;
- режим загрузки материалов.

Программа производит расчет весовых функций для распознавания вероятности:

- нормального режима работы доменной печи;
- нарушения устойчивости газового потока (наличие периферийного или центрального газового потока);
- нарушения теплового режима доменной плавки (горячий или холодный ход);
- нарушения ровного схода шихты в доменной печи (тугой ход, верхнее или нижнее подвисание шихты).

Результат вычисления весовых функций, свидетельствующий о вероятности наличия или отсутствия соответствующих отклонений в ходе доменной плавки, предоставляется пользователю в численном и графическом виде.

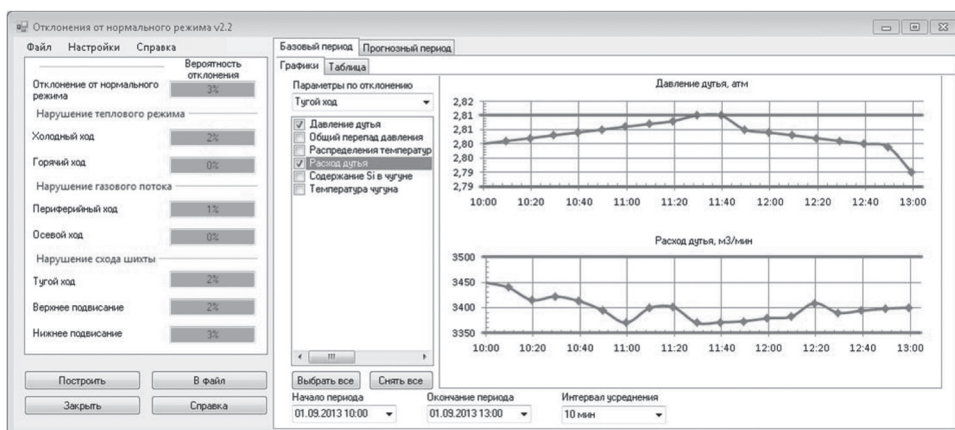


Рис. 3. Фрагмент окна программного обеспечения для распознавания вида отклонений доменной плавки от нормального режима

В качестве примера на рис. 3 представлено главное окно программы, в котором отражено состояние работы доменной печи. При анализе учитываются три типа нарушений: нарушения теплового режима, нарушения газового хода и нарушения режима схода шихты. Для каждого из отклонений указано его состояние, а также есть возможность предоставления подробной информации по отклонению. На форме, изображенной на рис. 3, в виде графиков показана информация о параметрах, влияющих на вероятность возникновения определенного отклонения.

Разработанный программный продукт позволяет пользователю оперативно выявлять наличие отклонения от нормального хода плавки и определять его тип по фактическим данным работающей печи, предоставляет ему возможность в любой момент просмотреть графическую информацию по каждому из параметров, используемых при расчете отклонений. Использование информационно-логической системы помогает производственному персоналу осуществлять диагностику хода печи в режиме реального времени, а также решать оперативные задачи управления технологией доменной плавки.

#### Список использованных источников

1. Экспертная система для диагностики и регулирования хода доменной печи / В.И. Соловьев, В.А. Краснобаев, Ю.А. Сарпулов, Е.А. Павлов // Международная научно-техническая конференция «Теория и практика производства чугуна», 24–27 мая 2004 г.: труды. Украина; Кривой Рог, 2004. – С. 484–487.
2. Экспертная система управления ходом доменной плавки / М.М. Френкель, Ю.В. Федюлов, О.А. Белова, В.А. Краснобаев // Сталь. – 1992. – № 7. – С. 15–18.
3. Информационные системы в металлургии // Н.А. Спиринов, Ю.В. Ипатов, В.И. Лобанов [и др.]; под ред. Н.А. Спирина. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2001. – 617 с.
4. Спиринов Н.А., Лавров В.В., Рыболовлев В.Ю., Краснобаев А.В., Онорин О.П., Косаченко И.Е. Модельные системы поддержки принятия решений в АСУ ТП доменной плавки металлургии / Под ред. Н.А. Спирина. – Екатеринбург: УрФУ, 2011. – 462 с.



5. Онорин О.П., Спиринов Н.А., Терентьев В.Л. [и др.] Компьютерные методы моделирования доменного процесса / Под ред. Н.А. Спирина. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2005. – 301 с.
6. Юсфин Ю.С. Металлургия чугуна / Под ред. Ю.С. Юсфина. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 774 с.
7. Blast furnace Phenomena and modelling/ Ed. By Yasuo Omori. Elsevier applied science. – London and New York, 1987. – 631 p.
8. Lida O. Применение управляющей системы и искусственным интеллектом в доменном производстве. Application of a techniques to blast furnace operation / O. Lida, S. Taniyochi, T. Hetani // Kawasaki Steel Techn Dept, 1992. – № 26. – С. 30–37.
9. Power D. J. Web-based and model-driven decision support systems: concepts and issues. Americas Conference on Information Systems, Long Beach, California, 2000.
10. Application of expert systems and knowledge based systems to support operation of iron blast furnace / E. Vapaavuori // Expert systems with applications, 1997. Vol. 12, No. 3. Pp. II.
11. Recent progress and future perspective on mathematical modelling of blast furnace / S. Ueda, S. Natsui, T. Ariyama, H. Nogami, J.I. Yagi // ISIJ International, 2010. Vol. 50, No. 7. Pp. 914–923.
12. Development of mathematical model of blast furnace / S. Matsuzaki, T. Nishimura, A. Shinotake, K. Kunitomo, M. Naito, T. Sugiyama // Nippon steel technical report, July 2006. No. 94. Pp. 87–95.
13. Modeling of metallurgical continuous processes in the blast furnace / P. Hera, F. Birlan, I. Oprescu, E.-M. Alexandru, M. Hera // U.P.B. Scientific Bulletin, Series B, 2011. Vol. 73. Iss. 4. Pp. 171–182.
14. Емельянов С.В. Теория и практика прогнозирования в системах управления / С.В. Емельянов, С.К. Корвин, Л.П. Мышляев, А.С. Рыков, В.Ф. Евтушенко, С.М. Кулаков, Н.Ф. Бондарь. – Кемерово; М.: Издат. объединение «Российские университеты»: Кузбассвузиздат – АСТШ, 2008. – 487 с.
15. Дубейковский В.И. Эффективное моделирование с СА ERwin Process Modeler (BPwin; AllFusion Process Modeler) / В.И. Дубейковский. – М.: Диалог-МИФИ, 2009. – 384 с.
16. Троелсен Э. Язык программирования C# 5.0 и платформа. NET 4.5. 6-е изд.: пер. с англ. / Э. Троелсен. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2013. – 1312 с.